1Ш

УДК 656.612

В.Г. Шерстюк
Херсонский национальный технический университет МОН Украины, Украина
v_sherstyuk@bigmir.net

Сценарно-прецедентный подход к управлению динамическими объектами в стесненных навигационных условиях

В статье рассматривается проблема интеллектуального управления динамическими объектами в стесненных навигационных условиях. Предлагается сценарно-прецедентный подход, позволяющий снизить влияние «человеческого фактора» на качество и своевременность принятия решений оператором динамического объекта.

Введение

В связи со значительным увеличением в последние годы численности и размерности высокоскоростных динамических объектов (ДО), повышением их скорости и плотности движения в рамках существующих транспортных коридоров, обеспечение безопасного управления ДО представляет собой важную научно-практическую проблему [1].

Учитывая, что ДО представляет собой управляемую человеком-оператором техническую систему, актуальным направлением повышения надежности и безопасности управления ДО является разработка и внедрение интеллектуальных систем (ИС), способных обеспечить достаточную эффективность решений оператора и снизить риски, связанные с влиянием «человеческого фактора».

Особенно актуальным является создание ИС управления ДО для стесненных навигационных условий [2], при неполноте и неопределенности анализируемой оператором информации, значительных объемах вычислений при существенных ограничениях во времени – т.е. когда складываются информационно сложные ситуации для оператора, создающие риск серьезных экономических, экологических и даже человеческих потерь.

Необходимо отметить, что вопросы разработки и практического применения ИС для решения задач управления ДО в реальном масштабе времени в настоящее время проработаны недостаточно, а в связи с участившимися случаями инцидентов и аварий ДО актуальны и представляют значительный интерес для исследований.

Ранее предпринимались попытки использовать для повышения эффективности управления ДО различные подходы, начиная от классических методов теории управления [3] и вплоть до самых современных нейронечетких и эволюционных методов [4-6]. Увы, практических результатов получено не было.

Для использования классических методов главным препятствием является упрощенность математических моделей движения ДО, являющихся объектами нестационарными и существенно нелинейными. Создание же адекватных математических моделей, имеющих очень высокую размерность, ограничено имеющимися техническими возможностями [7].

Ситуационные модели [8] управления ДО, в которых во главу угла положены не модели собственно ДО, а модели управления ними, имеют другую проблему. Для данной предметной области характерны недостаточность и неопределенность знаний о ДО, неполнота, неточность и недостоверность информации, на основе которой принимаются решения, и практическая невозможность ее уточнения ввиду дефицита времени, а в результате – громоздкость моделей управления, неадекватность языков описания ситуаций и т.д. [9]

Применение современных методов искусственного интеллекта для построения систем поддержки принятия решений операторами ДО также столкнулось с проблемой – на этот раз проблемой формализации знаний об управлении ДО.

Особенности предметной области указывают на сложность формализации процедур принятия решений в информационно сложных ситуациях, поскольку выбор решения оператором в значительной степени связан с наличием у оператора опыта и навыков управления ДО.

Вместе с тем в работах [2], [7], [10] отмечена высокая повторяемость действий оператора в аналогичных ситуациях. Известно также, что прецедентные и сценарно-прецедентные системы подходят для решения задач поддержки принятия решений в слабоструктурированных предметных областях, отличающихся неполнотой и неопределенностью данных, для которых невозможно сформулировать исчерпывающее множество моделей или правил, адекватно описывающих предметную область [11].

В [12] предложена концепция ИС управления ДО, основанная на интеллектуальной системе поддержки принятия решений (ИСППР) оператором. Структура и возможности ИСППР, в основе которой лежит сценарно-прецедентный подход к принятию решений, позволяющий решить основные проблемы предметной области, впервые представлены в [13], [14].

Сценарно-прецедентный подход лег в основу разработки ИСППР «Бриз», ядром которой является прецедентная ИС «Муссон» [15]. Результаты опытной эксплуатации ИСППР показывают возможность ее практического использования.

Однако ряд теоретических и практических вопросов реализации сценарно-прецедентных ИС для решения различных по характеру задач управления ДО относится к недостаточно исследованным аспектам данной проблемы.

Целью данной работы является доработка и развитие теоретических основ, разработка практических аспектов построения сценарно-прецедентных ИС управления ДО для имеющихся иерархических уровней управления ДО.

Движение множества ДО на заданном пространстве

Зададим время T. Введем некоторое начальное значение времени t_0. Зададим также двумерное пространство H с системой координат $X0Y$ (рис. 1).

Совместное движение множества ДО A на некотором пространстве H формирует сложную динамическую систему (СДС) Ω, образованную по принципу локальной близости ДО в некоторой области контроля Z_C. СДС Ω может быть однородной, если все ДО множества A принадлежат одному и тому же классу ДО, и неоднородной, если ДО принадлежат различным классам.

Позиция ДО в пространстве H описывается парой координат (ξ, χ), где ξ – координата ДО по оси $0X$, χ – координата ДО по оси $0Y$.

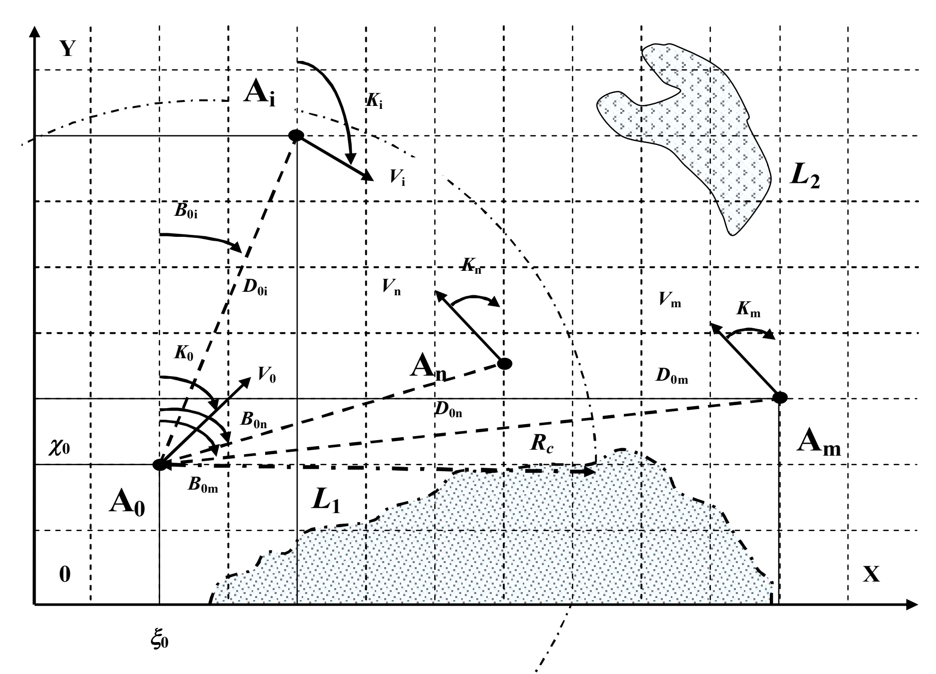


Рисунок 1 – Представление навигационной ситуации

Параметры движения ДО $\{x\}$ (например, курс K, скорость V, угловая скорость ψ), а также параметры взаиморасположения ДО (пеленг B, дистанция D) могут быть измерены в каждый момент времени t с некоторой точностью имеющимися техническими средствами (ТС) в области контроля Z_C.

Для каждого ДО задано множество возможных управляющих воздействий $\{u\}$, причем выбор оператором ДО некоторого управляющего воздействия u приводит к изменению определенных параметров движения ДО по некоторому заданному закону λ_u.

ДО в процессе перемещения подвержены стохастическим воздействиям внешней среды W. Кроме того, для каждого ДО известна более или менее упрощенная модель $\mathrm{M_H}$ его перемещения в пространстве.

Навигационная ситуация в СДС Ω определяется присутствием и взаимодействием на пространстве H множества ДО $\mathrm{A} = \{A_0, A_1, \ldots A_i, \ldots A_m\}$ и множества навигационных препятствий $L = \{L_1, \ldots L_j, \ldots L_z\}$.

Уровни управления ДО

Независимо от целей перемещения ДО функционирование его эргатической системы управления может быть рассмотрено на трех иерархических уровнях – верхнем, среднем и нижнем [16].

Верхний уровень управления ДО, являющийся по своей сути уровнем планирования, имеет дело с постановкой целей движения ДО в виде запланированного множества точек пути $\{WP\}$ при наличии некоторой системы критериев Q и называется *стратегическим* уровнем управления, а планируемые для достижения целей пути движения – *стратегиями*.

Управляемый нами (*оперирующий*) ДО A_0 движется, строго придерживаясь некоторого установленного оператором маршрута $\Re \in \mathrm{H}$, который представляет собой ломаную линию пути $\wp$.

Стартовая и конечная точки маршрута в реальных СДС заданы выше, выбор остальных выполняется оператором и зависит от многих факторов, в том числе известных на момент осуществления выбора характеристик ДО и внешней среды W .

Средний уровень управления ДО направлен на выполнение оператором необходимых корректировок траектории для достижения поставленной цели в условиях ситуационных возмущений ω_S , вызывающих отклонения ДО от запланированной линии пути $\wp$, называется *тактическим* уровнем управления, а выполняемые для преодоления ситуационных возмущений компенсации линии пути – *маневрами*.

Для осуществления маневра необходимо указание последовательности точек пути, в которых осуществляется изменение параметров движения ДО, и относительной величины изменения каждого из параметров.

Нижний уровень управления ДО решает задачу ведения ДО по заданной на тактическом уровне траектории в условиях навигационных возмущений ω_N путем коррекции режимов движения ДО и называется оперативным уровнем управления, а выполняемые для поддержания необходимой траектории компенсации режимов движения – *управляющими воздействиями*.

Таким образом, принятое на тактическом уровне управления решение о выполнении маневра на оперативном уровне управления обретает вид вектора управляющих воздействий $\overline{U}$.

Базовые понятия предлагаемого подхода

К базовым понятиям предлагаемого подхода относятся: время, состояние, событие, эпизод, ситуация.

Уточним используемое понятие времени.

Определение 1. *Время* представлено в модели набором дискретных значений $t = \{t_0, t_1, t_2, ...t_k, ...T_e\}$ с начальным значением t_0, конечным значением T_e и равномерным шагом Δt.

Пусть $\Theta = \{x_1, ...x_k, ...x_n\}$ – конечное множество параметров состояния ДО, X – множество значений параметров, определяемое как $X = \bigcup_{n \in \Theta} x \in \grave{x}_n$, где $\grave{x}_n$ – область определения параметра n .

Определение 2. *Состояние ДО* A_i есть формализованная и представленная в заданном формате характеристика C_i, фиксирующая результат измерения с заданной точностью заданного множества параметров ДО Θ, относящаяся к определенной точке пространства $(\xi_i, \chi_i) \in \mathrm{H}$ и конкретному значению времени t_j:

$$C_i = \left\{ \bigcup_{x \in \Theta} x_i^n \right\}^{\langle t_j, \xi_i, \chi_i \rangle}.$$

Для каждого ДО A_i справедливо: $\dot{x}_i = f\left[\left(x_0^{\vartheta}, ...x_i^{\vartheta}, ...x_m^{\vartheta}\right), \left(u_0^{\theta}, ...u_i^{\theta}, ...u_m^{\theta}\right), t\right]$, где ϑ – размерность вектора состояний ДО, θ – размерность вектора управления ДО.

Определение 3. *Состояние СДС* $C = x(t)$ является ϑm -мерным вектором, а множество состояний СДС – ϑm -мерной областью $\overline{C} = C_1 \times C_2 \times ... \times C_m$.

Обозначим множество возможных состояний СДС (конечное или бесконечное) как Ψ.

Определение 4. *Событие* E есть изменение состояния СДС с обязательным пе-

реходом из предыдущего состояния C_{t_k} в некоторое последующее состояние $C_{t_{k+1}}$:

$$E\lfloor C_{t_k} \to C_{t_{k+1}} \rfloor.$$

Обязательным требованием для фиксации некоторого события является не только изменение значения модельного времени, но и изменение параметров движения одного или множества ДО, входящих в состав СДС.

Фиксация события позволяет определить численные значения отклонений параметров движения конкретного ДО A_i для соседних состояний СДС в дискретном временном пространстве T.

Упорядоченная во времени и в пространстве последовательность зафиксированных состояний и событий СДС отображает динамику процесса совместного перемещения ДО и может быть представлена в виде сетевой диаграммы состояний (рис. 2).

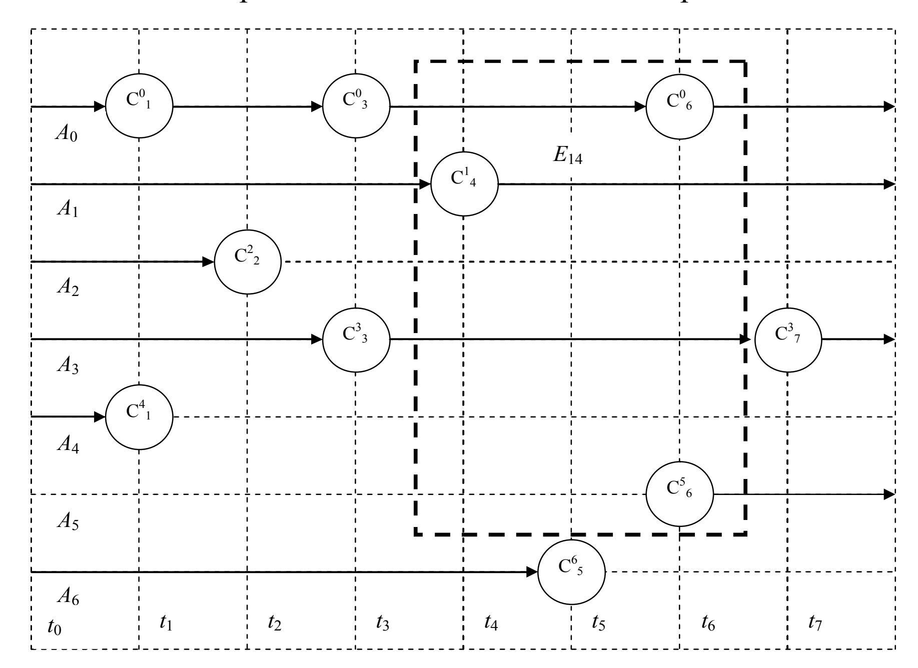


Рисунок 2 – Сетевая диаграмма состояний СДС

Определение 5. *Эпизод* $\varepsilon_{E_l}^{A_i}$ есть фрагмент последовательности изменения состояний ДО A_i, произошедший в результате некоторого события E_l.

На рис. 2 обозначен эпизод, связанный с изменением курса ДО A_0 в момент времени t_6 (состояние C_6^0) в результате изменения скорости и курса ДО A_1 в момент времени t_4 (состояние C_4^1) и входа в СДС ДО A_5 в момент времени t_6 (состояние C_6^5).

Определение 6. *Ситуация* s_k есть фиксированный комплекс пространственно-временных и параметрических событий, условий и обстоятельств, приведших к текущему состоянию СДС в целом C_{t_k}.

Для оценки ситуации необходимо произвести оценку совокупности значений параметров системы и связей между ними в заданный момент времени t_k: $s_k = \langle \widetilde{C}_{t_k}, R_k, t_k \rangle$, где $\widetilde{C}_{t_k}$ – оценка состояния СДС (значений параметров) в момент времени t_k, R_k – множество известных на момент времени t_k связей между параметрами.

Связи между параметрами ДО могут быть постоянными и причинно-следственными отношениями, зависящими от произошедших событий и протекающих процессов.

Наиболее часто реальную ситуацию в СДС можно оценить лишь качественно, определяя сущность имеющейся тенденции развития событий.

Совокупное множество ситуаций определятся как $S = \bigcup_{C \in \Psi} s_k$. Существование в системе ситуации s_k определяется истинностным значением выражения $s_k \, ? = \text{T}$, $s_k \in S$.

Поскольку ситуация отличается от состояния СДС тем, что в ней необходимо отразить связи между параметрами и оценить значения качественных показателей, возможно описывать ситуации как множества предикатов [17] либо в виде ситуационно-событийных сетей [9].

Можно выделить два важных свойства ситуаций: множественность и неоднородность исходных данных. Необходимо отметить, что ситуация всегда представляет собой некую оценку (анализ, обобщение) множества данных, более того, эта оценка является субъективной, т.к. зависит от средств и методов обобщения конкретного оператора ДО.

Определение 7. Обобщенное описание СДС с помощью ситуаций называется *ситуационной моделью* ST: $ST = \langle \bigcup_{i=0}^{n} s_i | t_i \rangle$.

Прецедентные интеллектуальные системы

Прецедентные интеллектуальные системы – класс ИС автоматизированного вывода решений, основанный на принципах:

1) повторяемости ситуаций;

2) возможности использования ранее принятых решений в случае возникновения сходных проблемных ситуаций;

3) представления решений в процедурной форме [18].

Прецедент включает в себя описание проблемной ситуации, принятое решение и полученный результат (рис. 3).

Пусть S – пространство возможных ситуаций, R – пространство возможных решений.

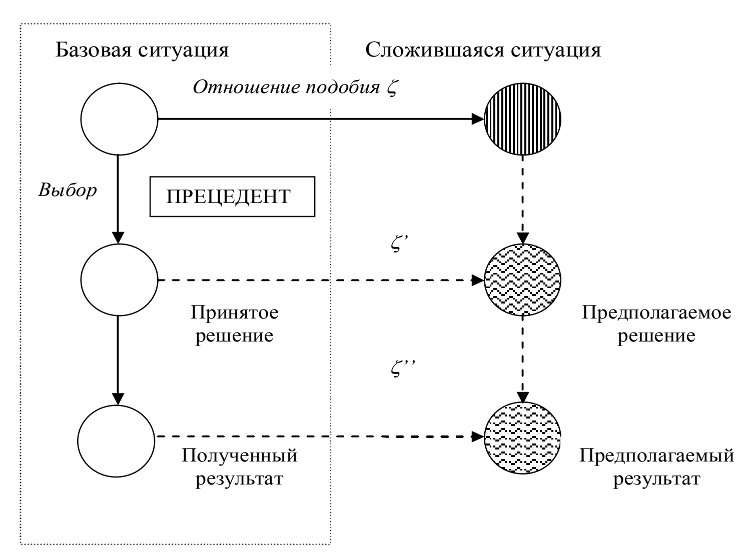


Рисунок 3 – Принятие решений по прецедентам

Определение 8. *Прецедент* e есть пара $\langle s, r \rangle \in \wp = S \times R$, состоящая из описания ситуации $s \in S$ и связанного с ней решения $r \in R$.

Ситуация $s \in S$ задается с помощью множества формул языка комбинированной логики LCL.

Всякой ситуации s могут соответствовать несколько решений, таким образом, допустимы прецеденты вида $\langle s, r \rangle$ и $\langle s, r' \rangle$, которые различны в случае, если $r \neq r'$.

Данные в прецедентной ИС представлены множеством прецедентов $M = \{\langle s_1, r_1 \rangle, \langle s_2, r_2 \rangle, ..., \langle s_n, r_n \rangle\}$.

Каждый прецедент e_i может рассматриваться как условная импликация вида $s_i \Rightarrow r_i$, таким образом, если задана некоторая ситуация $s \approx s_j$ и существует прецедент $e_j = \langle s_j, r_j \rangle$, можно утверждать, что r_j является приближенным (или правдоподобным) решением для ситуации s.

Более того, чем ближе ситуация s к ситуации s_j, тем правдоподобнее, что r_j является решением для s [19].

Для нахождения степени близости ситуации s к ситуации s_j и соответственно оценки близости решения r_j к искомому используется функция подобия ζ, на ее основе строится отношение подобия между прецедентами и выводится мера подобия SM.

Отношение подобия может быть построено только для множества входных параметров ситуации I.

Определение 9. *Прецедентная система* представляет собой структуру $PS = \langle \Im, SM_{\Xi}, K \rangle$, где $\Im$ – хранилище прецедентов, SM_{Ξ} – мера подобия, заданная на множестве интерпретаций Ξ языка LCL, описывающего входные ситуации, K – множество формул языка LCL.

Множество формул K составляет базу знаний о предметной области, полученную экспертным путем или с помощью методов машинного обучения.

Для каждого прецедента e_i можно с помощью оценки подобия вычислить степень уместности решения r_i в ситуации, близкой к s_i. В случае, если для этого можно также использовать имеющиеся знания о предметной области, можно утверждать, что формула $K \rightarrow (s \rightarrow \Diamond_{SM_i} s_i)$ выполнима для класса ситуаций s_{e_i}.

Хранилище прецедентов $\Im$ задает экстраполяцию отношения импликации и фактически является базой знаний, содержащей приближенные импликации: $\Im^* = \{s_i \Rightarrow_{\zeta_i} r_i | (s_i, r_i) \in \Im\}$. Соответственно, формула $\Im^* \rightarrow (s_i \Rightarrow_{\zeta_i} r_i)$ также выполнима для класса ситуаций s_{e_i}.

Таким образом, поиск подобных ситуаций в ИС управления ДО может производиться на основе исходной информации о текущей навигационной ситуации, для выполнения поиска должна быть задана функция оценки подобия и выбрано корректное множество сопоставляемых параметров.

Описание проблемной ситуации может включать наблюдаемые оценки воздействий внешней среды и параметры движения окружающих ДО.

Структура прецедентов

Оператор ДО получает необходимую для принятия решений информацию от ТС в реальном масштабе времени. Вся получаемая от ТС информация заносится в динамическую базу данных (ДБД), после чего может быть использована в ИС управления ДО.

По состоянию на некоторый момент времени t_k для каждого окружающего ДО A_i записывается вектор его параметров движения $x_{t_k}^i$. Если ИС может корректно классифицировать ДО A_i [20] и если в БЗ ИС имеется информация о характеристиках данного класса ДО, к записи об A_i добавляется статическая информация x_C^i. Кроме того, для каждого окружающего ДО A_i ведется запись относительных параметров движения (относительные скорость и курс, пеленг и дистанция) по отношению к оперирующему ДО A_0.

Необходимо отметить, что невозможно получить полную достоверную информацию о всех окружающих ДО. Информация неточна по причине ограниченных возможностей ТС, неполна из-за того, что многие параметры ДО, например, исполняемые управляющие воздействия, являются ненаблюдаемыми. Информация может частично искажаться из-за внешних воздействий и намеренных вторжений (например, хакерских атак).

С учетом вышеизложенного, требуется так организовать хранимую информацию, чтобы учесть неполноту, неточность и неопределенность данных. Все числовые данные, заносимые в ДБД и хранилище прецедентов $\Im$, имеют следующую структуру:

$$X = \langle Tag, DataLow, DataHigh, Func \rangle,$$

где $DataLow$ – нижний предел числового интервала;

$DataHigh$ – верхний предел числового интервала;

$Func$ – функция принадлежности;

Tag – тип числового значения, на данный момент в системе «Муссон» реализованы следующие типы:

0 – значение отсутствует, NULL;

1 – точное числовое значение (находится в *DataLow*);

2 – значение на интервале $[DataLow..DataHigh]$;

3 – приближенное (Rough) значение, используется интервал $[DataLow..DataHigh]$ и функция принадлежности $Func$;

4 – нечеткое (Fuzzy) значение, используется интервал $[DataLow..DataHigh]$ и функция принадлежности $Func$.

Для оперирующего ДО A_0 доступна вся необходимая информация (с оговорками выше), она организована в вектор параметров движения $x_{t_k}^0$ и вектор характеристик x_C^0.

Кроме того, на каждый момент времени t_k ведется запись параметров внешней среды $x_{t_k}^W$ и оценки состояния СДС $\widetilde{C}_{t_k}$. Кроме того, на основе параметров внешней среды рассчитываются значения параметров безопасности – показатель безопасности, показатель риска аварийной ситуации, предельно допустимые расстояние и время сближения и т.д.

Структура прецедента соответствует структуре записи в ДБД.

После формирования записи в ДБД на момент времени t_k данная запись считается текущей проблемной ситуацией, и в случае низкой оценки показателя безопасности ИС ДО запускает цикл обработки прецедента [21].

Цикл обработки прецедента формально может быть представлен как [18]

$$PS_{cycle} = \langle F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 \rangle,$$

где F_1 – фаза извлечения прецедентов на основе оценки подобия *SM*;

F_2 – фаза повторного использования извлеченного прецедента для поиска решения в проблемной ситуации (обычно на этой фазе производится выбор одного из не-

скольких извлеченных на фазе F_1 прецедентов, для этого может быть использована оценка релевантности прецедента сложившейся ситуации *REL* [22]);

F_3 – фаза верификации и адаптации извлеченного прецедента;

F_4 – фаза сохранения вновь принятого решения в хранилище прецедентов;

F_5 – фаза пересмотра хранилища прецедентов, на основе оценки качества прецедента на основе синтаксических либо семантических мер Q;

F_6 – фаза реконструкции хранилища прецедентов.

Одним из главных требований к ИС является в данном случае требование по быстродействию – за время, пока собирается и записывается информация на момент времени t_{k+1}, ИС должна оценить ситуацию и в случае необходимости корректировки линии пути найти уместный прецедент и предложить оператору вариант сценария управляющих воздействий.

Сценарно-прецедентный подход к управлению ДО

На стратегическом уровне управления ДО может быть использован метод позиционно-целевого управления [13].

На тактическом уровне управления каждое ситуационное возмущение ω_S может рассматриваться как прецедент, а решение прецедента – как вектор маневров $\overline{M}$ для компенсации данного возмущения.

Решением $r \in R$ прецедента e является план действий δ, направленных на компенсацию возмущающих воздействий, приведших систему в состояние отклонения от заданной цели.

Определение 10. *План действий* δ представляет собой описание целей (точек пути) и сценариев Σ их достижения и может быть сопоставлен с множеством операций изменения параметров движения ДО $\langle m \rangle$:

$$\delta = \left\langle \sigma_{n,} \{\Sigma_i, \sigma_{k_i}\}, \mu_i \middle| i \in 1..n \right\rangle,$$

где σ_n – исходная ситуация;

Σ_i – сценарий, $\Sigma_i \to \langle m \rangle$;

σ_{k_i} – конечная (целевая) ситуация в случае выполнения сценария Σ_i;

μ_i – оценка возможности достижения целевой ситуации σ_{k_i} при выполнении плана δ.

Определение 11. *Сценарий* Σ есть кортеж, состоящий из текущего состояния, целевого состояния и множества управляющих воздействий для достижения целевого состояния:

$$\delta = \{\bigcup_{i=1}^{n} \alpha_i\};\ WP_{i+1} = \alpha_i(WP_i);\ \alpha_i = \overline{U}_i\,.$$

Элементарным фрагментом сценария является управляющее воздействие U, $U \in \hbar$, где $\hbar$ – множество допустимых управляющих воздействий.

Множество допустимых управляющих воздействий $U_{\sigma j}$ для некоторой ситуации σ_j есть множество решений r_i множества прецедентов e_i, выбранных из хранилища прецедентов $\Im$ по степени близости ситуации σ_j к σ_i.

Учитывая вышеизложенное, прецедент можно рассматривать как интеллектуальное средство формирования плана компенсации ситуационных возмущений; решение прецедента – как план действий (маневров), направленных на компенсацию ситуационных возмущений, а элементарный фрагмент плана действий – как сценарий.

Сценарии, в свою очередь, рассматриваются как элемент формирования управляющих воздействий на исполнительные органы ДО, реализующий компенсацию возмущений. Сценарий является средством обеспечения адаптации возможных путей достижения состояний (в данном случае – точек пути) к изменяющимся параметрам внешней среды.

Для некоторой навигационной ситуации в ИС возможно существование нескольких прецедентов с различными решениями, которые могут различаться по оценке возможности достижения целевого состояния. Каждое решение, в свою очередь, может иметь несколько сценариев управляющих воздействий для нескольких заданных классов внешних условий.

Таким образом, в ИС управления ДО прецедентная система является «преобразователем» текущей навигационной ситуации в сценарий управляющих воздействий, а сценарий является «траекторией» продвижения к необходимому будущему состоянию системы в зависимости от состояния внешней среды.

Особенности реализации подхода

Использование в ИСППР «Бриз» и ИС «Муссон» сценарно-прецедентного подхода с описанием прецедентов (навигационных ситуаций) на основе стандарта XML дает возможность обмена информацией между ДО и наземными навигационными системами с целью поддержания необходимого уровня компетентности базы прецедентов.

Благодаря развитию высокоскоростных каналов сети Интернет существует также возможность создания общего хранилища прецедентов, не имеющего административных или физических границ и доступного через определенные шлюзы любому ДО в любой точке, на основе технологий Интернет.

Возможна реализация подписки на необходимую навигационную информацию (в том же формате XML) на основе RSS- либо Push-технологий, в том числе на основе локальной близости навигационных ситуаций.

Кроме того, накопление достаточно серьезной базы прецедентов может происходить не только за счет мониторинга реальных навигационных ситуаций, но и за счет «проигрывания» опытными операторами сложных ситуаций в реальном масштабе времени на специализированных тренажерах.

Выводы

Анализ особенностей и иерархических уровней управления ДО показал возможность использования для реализации ИС управления ДО сценарно-прецедентного подхода.

Предложенный подход дает возможность рассматривать задачу управления ДО как задачу поиска решения по прецедентам, адаптируя к текущей навигационной ситуации хранящийся в прецеденте сценарий управляющих воздействий.

Применение представленной ИС в информационно сложных для оператора ДО ситуациях приводит к снижению влияния человеческого фактора на качество и своевременность принятия решений. Полученные результаты могут быть обобщены на трехмерное пространство движения ДО.

Литература

1. Вильский Г.Б. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов / [Вильский Г.Б., Мальцев А.С., Бездольный В.В., Гончаров Е.И.]. – Одесса ; Николаев : Феникс, 2007. – 456 с.
2. Сиек Ю.Л. Принципы синтеза интеллектуальных систем управления морскими динамическими объектами / Ю.Л. Сиек, Соэ Мин Лвин // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 448-456.

3. Вагущенко Л.Л. Судно как объект автоматического управления / Вагущенко Л.Л. – Одесса : ОГМА, 2000. – 140 с.
4. Lisowski J. Game control of moving objects / J. Lisowski // XV's IFAC World Congress. – Barcelona, 2002. – P. 1-6.
5. Fossen T.I. Marine Control Systems: Guidance, Navigation, and Control of Ships, Rigs and Underwater Vehicles / Fossen T.I. – Trondheim, Norway : Marine Cybernetics, 2002. – 612 p.
6. Звягин П.Н. Нейросетевое управление морским динамическим объектом / П.Н. Звягин, Ю.И. Нечаев // Сб. научн. трудов 8-й всероссийской конф. «Нейроинформатика-2006». – 2006. – Ч. 2. – С. 81-87.
7. Быков Э.Б. Самоорганизующиеся системы управления судовыми техническими средствами / Э.Б. Быков, И.И. Туркин // Рациональное управление предприятием. – 2007. – № 1. – С. 74-76.
8. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Поспелов Д.А. – М. : Наука, 1986. – 288 с.
9. Борисов В.В. Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети / В.В. Борисов, М.М. Зернов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – № 1. – С. 17-30.
10. Нечаев Ю.И. Выбор оптимального курса судна в сложной гидрометеорологической обстановке / Ю.И. Нечаев, А.Д. Пипченко, В.Г. Сизов // Судовождение. – 2009. – Вып. 16. – С. 105-117.
11. Liu Y. A CBR-based Approach for Ship Collision Avoidance / Y. Liu, C. Yang, X. Du // Proceedings of the 21st International Conference IEA/AIS-2008, Wroclaw, Poland : Lecture Notes In Artificial Intelligence. – 2008. – Vol. 5027. – P. 687-697.
12. Шерстюк В.Г. Информационная технология поддержки принятия решений по управлению движением судна / В.Г. Шерстюк // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2008. – № 4(33). – С. 180-189.
13. Шерстюк В.Г. Принципы интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению движением судна / В.Г. Шерстюк // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2009. – № 3(36). – С. 133-141.
14. Шерстюк В.Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений по управлению судном в условиях неполной и противоречивой информации / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень // Судовождение. – 2007. – Вып. 14. – С. 141-144.
15. Шерстюк В.Г. Гибридная интеллектуальная СППР для управления судном / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3. – С. 490-500.
16. Шерстюк В.Г. Сценарно-прецедентный подход к формированию управляющих воздействий в системе управления морского подвижного объекта / В.Г. Шерстюк // Проблемы информационных технологий. – 2009. – № 2(6). – С. 114-122.
17. Plaza E. A logical approach to case-based reasoning using fuzzy similarity relations / E. Plaza, F. Esteva, P. Garcia, L. Godo, R. Lopez de Mantaraz // Information Sciences. – 1997. – Vol. 106, № 1-2. – P. 105-122.
18. Шерстюк В.Г. Структурная декомпозиция интеллектуальной СППР реального времени сценарно-прецедентного типа / В.Г. Шерстюк // Проблемы информационных технологий. – 2008. – № 2(4). – С. 85-94.
19. Dubois D. Case-Based Reasoning: A Fuzzy Approach / D. Dubois, F. Esteva, P. Garcia, L. Godo, R. Lopez de Mantaras, H. Prade // Lecture Notes in Computer Science. – Springer. – 1999. – Vol. 1566. – P. 79-91.
20. Шерстюк В.Г. Классификация целей в бортовой интеллектуальной системе управления морского подвижного объекта / В.Г. Шерстюк // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – № 2(38). – С. 172-179.
21. Шерстюк В.Г. Формальная модель гибридной сценарно-прецедентной СППР / В.Г. Шерстюк // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2004. – Вып. 1. – С. 114-122.
22. Шерстюк В.Г. Отбор прецедентов на основе отношения релевантности в гибридной сценарно-прецедентной СППР / В.Г. Шерстюк // Моделювання та керування станом еколого-економічних систем регіону. – 2006. – Вип. 3. – С. 313-333.

В.Г. Шерстюк

Сценарно-прецедентний підхід до управління динамічними об'єктами у стислих навігаційних умовах

У статті розглядається проблема інтелектуального управління динамічними об'єктами у стислих навігаційних умовах. Пропонується сценарно-прецедентний підхід, який дозволяє знизити вплив «людського фактора» на якість і своєчасність ухвалення рішень оператором динамічного об'єкта.

V.G. Sherstyuk

The Scenario-Case Approach to Dynamic Object Control in the Restricted Navigation Terms

The problem of intelligent dynamic objects control in restricted navigation terms is examined in this article. The scenario-case approach, that allows reducing «human factor» influence on quality and timeliness of dynamic object operator decision making, is offered.

Статья поступила в редакцию 01.07.2010.